



普通高等教育“十二五”规划教材



石油化学

李柏林 代素娟 编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

普通高等教育“十二五”规划教材

石油化学

李柏林 代素娟 编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书在分析原油组成及特点的基础上,详细阐述了各类石油产品的组成特点和性能要求,并讨论了产品组成和应用性能的关系。内容涵盖石油各类产品,包括石油燃料、润滑油及润滑脂、石油蜡、石油沥青、石油焦、石油溶剂和化工原料;此外还介绍了各种石油化工产品加工过程的工艺原理及各种油品添加剂作用原理,包括重质油加工的催化裂化和加氢裂化的化学原理及工艺过程。

本书可作为应用化学专业本科教学的教科书、化学工程专业本科教学的参考书,并可供石油化工的科研、生产及管理人员参阅。

图书在版编目(CIP)数据

石油化学/李柏林,代素娟编. —北京:中国石化出版社,2015.8
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5114-3589-7

I. ①石… II. ①李… ②代… III. ①石油化学-高等学校-教材 IV. ①TE621

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第200733号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街58号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com

北京柏力行彩印有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092毫米16开本14.75印张363千字

2016年1月第1版 2016年1月第1次印刷

定价:40.00元

前 言

原油经过一系列石油炼制和精制过程得到各种产品，其种类繁多，用途各异。我国参照 ISO/DIS 8681—1985，制定了 GB 498—1987《石油产品及润滑剂的总分类》，将石油产品分为六类，即石油燃料(F)、石油溶剂与化工原料(S)、润滑剂(L)、石蜡(W)、石油沥青(B)、石油焦(C)。

一、石油燃料

石油燃料约占石油产品总产量的 80%~90%。按其用途和使用范围分为以下 5 种：点燃式发动机燃料(如航空汽油、车用汽油等)，喷气式发动机燃料(如喷气燃料)，压燃式发动机燃料(如高速、中速、低速柴油机燃料)，液化石油气燃料(即液态烃)，锅炉燃料(如炉用燃料油和船舶用燃料油)。

二、润滑油和润滑脂

润滑油和润滑脂的数量只占全部石油产品的 5% 左右，但其品种繁多。从石油制得的润滑油约占总润滑剂产量 95% 以上。除润滑性能外，还具有冷却、密封、防腐、绝缘、清洗、传递能量的作用。产量最大的是内燃机油(约 40%)，其余为齿轮油、液压油、汽轮机油、电器绝缘油、压缩机油等。润滑脂俗称黄油，是润滑剂加稠化剂制成的固体或半流体，用于不宜使用润滑油的轴承、齿轮部位。

三、蜡、沥青和石油焦

生产燃料和润滑油时进一步加工得到蜡、沥青和石油焦，其产量约为所加工原油的百分之几。蜡包括石蜡、地蜡、石油脂等。石蜡主要做包装材料、化妆品原料及蜡制品，也可作为化工原料生产脂肪酸。石油沥青主要有道路沥青、建筑沥青和防腐沥青等。石油焦主要有延迟焦、针状焦和特种焦，用于冶金行业的石墨电极。

四、石油溶剂和化工原料

石油溶剂包括普通溶剂油、芳烃溶剂油和环保溶剂油，广泛用于食用油、印刷油墨、涂料、橡胶、化工聚合以及在 IC 电子部件的清洗等领域。对原料油和气(如丙烷、汽油、柴油等)进行裂解，生成以乙烯、丙烯、丁二烯、苯、甲

苯、二甲苯为代表的基本化工原料。

石油化学的主要内容是研究石油及其油品性质、结构与组成的基本特征与规律，石油及其产品化学组成和物理性质的关系，油品的使用性能与其化学组成的关系。涵盖石油各类产品，包括石油燃料、润滑油及润滑脂、石油蜡、石油沥青、石油焦、石油溶剂和化工原料以及油品添加剂化学作用原理。还包括石油加工过程的化学原理，如润滑油精制、延迟焦化、烃热裂解、催化重整、催化裂化、催化加氢等。

石油及其产品是含有极多组分的复杂混合物，在研究其物理和化学性质时要兼顾其组成复杂的特点。使用传统化学理论分析石油及其产品的组成和性能关系时，常常依据经验、有条件地进行适当的简化处理。

本书主要由李柏林统筹执笔，代素娟编写了第一章、第二章和第七章。

本书较多借鉴和引用了前人的研究成果，谨向原作者老师表示致谢。同时，限于编者水平，书中内容难免有谬误和不妥之处，恳请读者批评指正。

目 录

第一章 石油的化学组成	(1)
第一节 石油的一般组成及分类	(1)
一、石油的一般性质	(1)
二、石油的元素组成	(2)
三、原油的馏分组成	(5)
四、原油的分类	(6)
第二节 石油的单体组成和族组成	(8)
一、石油化学组成表示法	(8)
二、石油馏分的单体烃组成	(11)
三、石油馏分的烃族组成	(13)
四、石油馏分的结构族组成	(16)
第三节 石油中的含硫化合物	(18)
一、原油及其馏分中硫的分布	(18)
二、石油中含硫化合物的组成	(19)
第四节 石油中的含氮化合物	(23)
一、石油及其馏分中氮的分布	(23)
二、石油中含氮化合物的组成	(24)
第五节 石油中的含氧化合物	(27)
一、原油中酸性氧化物的分布	(27)
二、石油中含氧化合物的组成	(28)
三、石油酸的性质及利用	(29)
第六节 石油中的微量元素	(30)
一、石油中微量元素含量及其分布	(30)
二、石油中微量元素的存在形态	(32)
第七节 石油中的胶质和沥青质	(32)
一、胶质、沥青质的元素组成和平均相对分子质量	(33)
二、胶质、沥青质的结构特征	(34)
三、石油胶体分散体系	(36)
四、胶质与沥青质的性质	(37)

第二章 原油及油品的物理性质	(38)
第一节 蒸发性	(38)
一、恩氏蒸馏	(38)
二、实沸点蒸馏	(39)
三、平衡气化	(40)
第二节 平均相对分子质量	(40)
一、平均相对分子质量	(41)
二、数均相对分子质量的测定方法	(41)
三、原油及其馏分的数均相对分子质量	(43)
第三节 密度	(44)
一、原油及油品的密度、相对密度	(44)
二、液体油品相对密度与温度、压力的关系	(45)
三、混合油品的密度	(45)
四、相对密度与化学组成的关系	(45)
五、原油及其馏分的相对密度	(46)
六、相关指数	(47)
第四节 折射率	(47)
一、折射率的测定	(47)
二、折射率与化学组成的关系	(48)
三、原油馏分及其组分的折射率	(48)
第五节 黏度	(49)
一、黏度的定义	(49)
二、黏度的测定方法	(50)
三、黏度与化学组成的关系	(51)
四、黏度与温度的关系	(52)
五、黏温性质与分子结构之间的关系	(52)
六、原油及其馏分的黏度与黏温性质	(53)
第六节 热性质	(54)
一、燃烧热	(54)
二、浊点、结晶点、倾点、凝点	(55)
三、闪点、燃点、自燃点	(56)
第三章 石油燃料的组成和性能	(59)
第一节 汽油	(59)
一、汽油的蒸发性	(59)
二、汽油的安定性	(61)
三、汽油的抗爆性	(64)
四、我国汽油的牌号	(69)
五、汽油抗爆添加剂	(70)
第二节 柴油	(72)

一、柴油机对燃料的使用要求	(72)
二、柴油的自燃性	(72)
三、柴油的挥发性	(77)
四、柴油的流动性	(78)
五、柴油的安定性、腐蚀性、洁净度	(79)
六、柴油的品种和牌号	(79)
第三节 喷气燃料	(80)
一、喷气燃料的燃烧性能	(80)
二、喷气燃料的安定性	(84)
三、喷气燃料的低温性能	(84)
四、喷气燃料的腐蚀性	(85)
五、喷气燃料的洁净度	(85)
六、喷气燃料的起电性	(85)
七、喷气燃料的润滑性	(85)
八、喷气燃料牌号	(86)
第四节 燃气和燃料油	(86)
一、天然气	(86)
二、炼厂气	(88)
三、燃料油	(90)
第四章 润滑油和润滑脂	(93)
第一节 润滑油概述	(93)
一、润滑油的作用	(93)
二、润滑油的分类	(93)
第二节 润滑油基础油	(95)
一、基础油分类	(95)
二、合成油	(97)
三、矿物油	(101)
第三节 润滑油添加剂	(107)
一、清净与分散添加剂	(107)
二、抗氧添加剂和金属减活剂	(110)
三、载荷添加剂	(112)
四、黏度指数改进剂	(113)
五、降凝添加剂	(114)
六、防锈添加剂	(115)
七、抗泡添加剂	(115)
八、抗乳化剂	(116)
九、复合添加剂	(117)
第四节 内燃机油	(117)
一、内燃机油的工作条件	(117)

二、内燃机油的质量要求与其化学组成的关系	(118)
三、内燃机油的分类	(121)
第五节 齿轮油	(122)
一、齿轮油的工作条件	(122)
二、齿轮油的主要性能	(122)
三、齿轮油的分类	(123)
第六节 润滑脂特点及分类	(124)
一、润滑脂的特点	(124)
二、润滑脂的分类	(124)
第七节 润滑脂的组成和结构	(125)
一、润滑脂的组成	(125)
二、润滑脂的结构	(128)
第八节 润滑脂的性能及其评定指标	(129)
一、稠度	(129)
二、高温性能	(129)
三、低温性能	(130)
四、极压性与抗磨性	(130)
五、抗水性	(130)
六、防腐性	(131)
七、胶体安定性	(131)
八、氧化安定性	(131)
九、机械安定性	(132)
第五章 蜡、沥青和石油焦	(133)
第一节 石油蜡的类型和组成	(133)
一、石蜡	(133)
二、微晶蜡	(136)
第二节 石油蜡分离工艺	(139)
一、酮苯脱蜡	(139)
二、分子筛脱蜡和尿素脱蜡	(142)
第三节 石油沥青	(144)
一、石油沥青的主要性能	(144)
二、沥青的化学组成、胶体结构与其使用性能的关系	(145)
三、石油沥青的分类	(149)
第四节 溶剂脱沥青工艺	(150)
一、溶剂脱沥青原理	(150)
二、溶剂脱沥青过程影响因素	(152)
三、超临界技术在渣油脱沥青中的应用	(154)
第五节 石油焦	(154)
一、石油焦的主要性能指标	(155)

二、石油焦的分类	(156)
三、石油焦的品种及应用	(156)
第六节 延迟焦化	(157)
一、延迟焦化工艺	(157)
二、延迟焦化工艺的影响因素	(159)
三、石油焦的生成	(160)
第六章 化工原料和溶剂油	(162)
第一节 烃热裂解	(162)
一、热裂解过程的化学反应	(162)
二、原料的性质对裂解产物分布的影响	(166)
三、裂解条件对反应结果的影响	(170)
四、烯烃深冷分离	(173)
五、重油生产低分子烯烃工艺	(174)
第二节 催化重整	(177)
一、催化重整的化学反应	(177)
二、催化重整催化剂	(181)
三、催化重整原料的影响	(186)
四、反应条件对催化重整的影响	(187)
五、芳烃溶剂抽提	(188)
第三节 溶剂油	(190)
一、溶剂油分类	(190)
二、溶剂油的溶解性能	(192)
三、溶剂油的化学组成	(195)
四、溶剂油发展趋势	(196)
五、溶剂油加氢精制	(197)
第七章 催化裂化和加氢裂化	(202)
第一节 催化裂化	(202)
一、概述	(202)
二、催化裂化反应	(203)
三、石油馏分的催化裂化	(208)
四、催化裂化催化剂	(210)
五、催化裂化反应的影响因素	(213)
第二节 加氢裂化	(216)
一、概述	(216)
二、加氢裂化反应	(218)
三、加氢裂化催化剂	(220)
四、加氢裂化的影响因素	(222)

第一章 石油的化学组成

第一节 石油的一般组成及分类

一、石油的一般性质

石油或称原油，是存在于地下岩石孔隙中，从淡黄色至黑色的可燃性黏稠液体，常与天然气并存。原油主要是由烃类和非烃类组成的复杂混合物，其沸点范围从常温到 500℃ 以上，相对分子质量范围从几十至数千。

表 1-1-1 至表 1-1-3 列出了国内外几种原油的一般性质。

表 1-1-1 我国主要原油的一般性质

项目	原油名称						
	大庆	胜利	孤岛	辽河	中原	华北	新疆
密度(20℃)/(g/cm ³)	0.8554	0.9005	0.9495	0.9204	0.8466	0.8837	0.8538
运动黏度(50℃)/(mm ² /s)	20.19	83.36	333.7	109.0	10.32	57.1	18.80
凝点/℃	30	28	2	17(倾点)	33	36	12
蜡含量/%	26.2	14.6	4.9	9.5	19.7	22.8	7.2
庚烷沥青质/%	0	< 1	2.9	0	0	< 0.1	—
残炭/%	2.9	6.4	7.4	6.8	3.8	6.7	2.6
硫含量/%	0.10	0.80	2.09	0.24	0.31	0.52	0.05
氮含量/%	0.16	0.41	0.43	0.40	0.38	0.17	0.13

由表 1-1-1 数据可见，我国原油的凝点以及蜡含量均较高，这也是我国原油的特点之一。大庆原油即为典型的“三高”（高含蜡量、高凝点、高黏度）原油。

表 1-1-2 为国外若干原油的一般性质，世界绝大多数原油的相对密度介于 0.80 ~ 0.95 之间；我国主要油田原油的相对密度大多在 0.85 ~ 0.95 之间，属偏重的常规原油。相对密度小于 0.86 的为轻质石油，该类原油轻油收率高，渣油含量少。

近年来，由于常规原油的资源逐渐减少，国内外相继对储量很丰富的重质石油（又称黏稠原油或稠油）进行开采。重质原油是天然石油资源的重要组成部分，但开采和加工的难度很大。重质原油的特性有所谓的六高和两低，即相对密度高、黏度高、酸值高、胶质含量高、沥青质含量高、重金属含量高和轻馏分含量低、蜡含量低。表 1-1-3 所列的重质原油的密度均在 0.93g/cm³ 以上，有的还大于 1。

表 1-1-2 国外几种原油的一般性质

项目	原油名称						
	伊 朗 (轻质)	伊 朗 (重质)	阿拉伯 (轻质)	阿拉伯 (重质)	伊拉克	科威特	印 尼 (米纳斯)
密度(15.5℃)/(g/cm ³)	0.8554	0.8707	0.8575	0.8871	0.8559	0.8680	0.8456
运动黏度(37.8℃)/(mm ² /s)	6.41	9.40	6.25	19.00	6.50	9.78	13.4(50℃)
倾点/℃	-29	-15	-34	-29	-15	-15	34
庚烷沥青质/%	0.64	1.90	—	—	1.10	1.40	0.28
残炭/%	3.5	5.3	3.6	7.9	4.2	5.3	2.8
硫含量/%	1.35	1.73	1.79	2.85	1.95	2.52	0.10
氮含量/%	0.17	0.2	0.10	0.17	0.10	0.12	0.10

表 1-1-3 国内外几种重质原油的一般性质

项目	原油名称						
	单家寺	欢喜岭	新疆 九区	井 楼	委内瑞拉 博斯坎	加拿大 冷湖	加拿大 阿萨巴斯卡
密度(20℃)/(g/cm ³)	0.9731	0.9434	0.9273	0.9531	0.9991	1.0013	1.030
运动黏度(50℃)/(mm ² /s)	8108	287	381.3	1539	1832(60℃)	670(100℃)	—
凝点/℃	5	-20	-18	11	—	15.6	10
蜡含量/%	3.4	2.2	7.4	9.6	—	—	—
庚烷沥青质/%	1.2	0	0	0	15.2	15.0	16.9
残炭/%	9.7	4.8	5.4	9.1	15.0	13.1	18.5
硫含量/%	0.82	0.26	0.15	0.32	5.7	4.4	4.9
氮含量/%	0.72	0.41	0.35	0.74	0.44	0.64	0.40

二、石油的元素组成

1. 石油的 C、H 元素含量

石油外观性质的差异是其化学组成不同的反映。世界各油田原油的物性差别很大，但其元素组成大致相同，主要是由 C、H、S、N、O 五种元素组成，而且主要是 C 和 H 两种元素，C、H 两种元素合计在原油中一般占 95% 以上。表 1-1-4 为统计的原油中碳、氢、硫、氮、氧元素含量范围。

表 1-1-4 石油的 C、H 元素含量范围

元素	含量/%	元素	含量/%
C	83.0 ~ 87.0	S	0.05 ~ 8.00
H	11.0 ~ 14.0	N	0.02 ~ 2.00
C、H 合计为 95% ~ 99%		O	0.05 ~ 2.00

2. 石油的 H/C(原子比)

从 C、H 两种元素绝对含量的角度看不出明显差别, 而各原油的 H/C(原子比) 则有相当差别。不同原油 H/C(原子比) 存在差别的主要原因是原油化学组成的差异, H/C(原子比) 含有结构信息, 可以作为反映原油化学组成的一个重要参数。对于烃类而言, H/C(原子比) 是表征它们的化学组成结构的一个重要参数, 现分别说明如下:

烷烃(C_nH_{2n+2})	$H/C = 2 + 2/n$	
六元单环环烷烃(C_nH_{2n})	$H/C = 2.0$	$n \geq 6$
六元双环环烷烃(C_nH_{2n-2})	$H/C = 2.0 - 2/n$	$n \geq 10$
单环芳香烃(C_nH_{2n-6})	$H/C = 2.0 - 6/n$	$n \geq 6$
双环芳香烃(C_nH_{2n-12})	$H/C = 2.0 - 12/n$	$n \geq 10$

表 1-1-5 石油的元素组成及 H/C(原子比)

原油名称	元素组成/%				H/C(原子比)
	C	H	S	N	
大庆	85.87	13.73	0.10	0.16	1.90
胜利	86.26	12.20	0.80	0.44	1.68
孤岛	85.12	11.61	2.09	0.43	1.62
辽河	85.86	12.65	0.18	0.31	1.75
新疆	86.13	13.30	0.05	0.13	1.84
大港	85.67	13.40	0.12	0.23	1.86
欢喜岭	86.36	11.13	0.26	0.40	1.53
井楼	85.06	12.10	0.32	0.74	1.69
江汉	83.00	12.81	2.09	0.47	1.84
伊朗, 轻质	85.14	13.13	1.35	0.17	1.84
印尼, 米纳斯	86.24	13.61	0.10	0.10	1.88
加拿大, 阿萨巴斯卡	83.44	10.45	4.19	0.48	1.49
美国, 加州文图拉	84.00	12.7	0.40	1.70	1.80
美国, 堪萨斯	84.20	13.00	1.90	0.45	1.84
车臣, 格罗兹尼	85.59	13.00	0.14	0.07	1.81
俄罗斯, 杜依玛兹	83.9	12.3	2.67	0.33	1.75

表 1-1-5 为一些国内外原油的元素组成及 H/C(原子比)。不同的原油其 H/C(原子比) 有明显的差异, 大庆原油的 H/C(原子比)(1.90) 显著高于辽河欢喜岭原油(1.53), 这主要是由于二者的化学结构组成有显著差异所致。

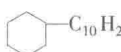
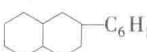
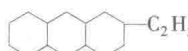
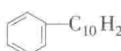
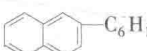
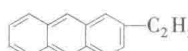
表 1-1-6 是同为 C_{16} 不同类型烃类的 H/C(原子比)。从该表可以看出:

H/C(原子比) 包含了相当有价值的结构信息。同一系列的烃类, 其 H/C(原子比) 随着相对分子质量的增加而降低; 不同结构的烃类, 碳数相同时, 烷烃的 H/C(原子比) 最大, 而芳烃最小; 对于环状烃而言, 相同碳数时, 环数增加, 其 H/C(原子比) 降低。

随着石油及其产品中环结构的增加, 其 H/C(原子比) 降低, 尤其是随芳香环结构的增加其 H/C(原子比) 显著降低。

很明显，如无外加的氢进入，原油在转化过程中，其产物的总的碳含量及氢含量是和原料的碳含量及氢含量相等的。也就是说，当转化后有些产物的 H/C(原子比)高于原料时，则另一些产物 H/C(原子比)必然会低于原料。虽然转化后碳、氢在各产物中的分配发生了变化，但是总的 H/C(原子比)是守恒的。这种不外加氢，通过富集 H/C(原子比)低的产物来获取部分 H/C(原子比)高的产物的方法，即所谓“脱碳”的加工方法。而用加氢方法进行加工时，显然产物的 H/C(原子比)会高于原料。总之，H/C(原子比)是研究石油化学组成、结构及评价分析石油加工过程的一个重要参数。

表 1-1-6 相对分子质量不同的烷烃及结构不同的 C₁₆ 烃的 H/C(原子比)

分子式	H/C	分子式	H/C
C ₅ H ₁₂	2.40	 C ₁₀ H ₂₁	2.00
C ₆ H ₁₄	2.33	 C ₆ H ₁₃	1.88
C ₈ H ₁₈	2.25	 C ₂ H ₅	1.75
C ₁₂ H ₂₆	2.17	 C ₁₀ H ₂₁	1.63
C ₁₆ H ₃₄	2.13	 C ₆ H ₁₃	1.25
C ₃₂ H ₆₆	2.06	 C ₂ H ₅	0.88

3. 石油中的 S、N、O

S、N、O 为石油中的非烃组成元素，也称之为杂原子，它们组成了石油中的非烃化合物。虽然这三种元素在原油中的含量并不高，只有百分之几，但是含这些杂原子的非烃化合物在原油中的含量则相当可观，可占原油的百分之几十。

这些元素的存在，对石油的性质和石油加工过程有很大影响，因此对原油中的杂原子必须给予充分的重视。

从表 1-1-5 中可以看出，我国大部分原油的硫含量与国外相比并不高，多数低于 1%。即使是我国含硫较高的原油(孤岛和江汉原油)，和世界各地高硫原油相比较，其硫含量也不算很高。我国大部分原油氮含量高于 0.3%，氮含量相对较高，因此含硫少而含氮多是我国原油的主要特点之一。

4. 石油中的微量元素

在原油中，除了 C、H、S、N、O 五种主要元素外，还含有微量的金属与非金属元素，其含量一般为 10⁻⁶ 或 10⁻⁹ 数量级，原油中含量较多的微量金属元素为 Ni、V、Fe、Cu。除此之外，还含有 Ca、Ti、Mg、Na、Co、Zn 等微量金属元素和 Si、As 等微量非金属元素共 30 余种。

原油中主要的微量元素以 Ni、V 最为重要，虽然这些元素的含量甚微，但对石油加工过程中的催化剂有很大的影响，甚至会使之丧失活性，因此，必须加以重视，并设法予以脱除。我国大多数原油的含 Ni 量都大大超过 V 的含量，其 Ni/V 比较高。

由上述元素组成可以看出，组成石油的化合物主要是烃类。石油中的烃类主要是烷烃（链烷烃）、环烷烃、芳香烃这三族烃类。而 S、N、O 这些元素则以键合的形式存在于各种化合物中，构成石油中烃类以外的物质。

石油中的含硫、含氮、含氧化合物和胶状沥青状物质统称非烃类，石油中的非烃类物质包括含氧化合物（环烷酸、酚、脂肪酸等）、含氮化合物（吡啶、喹啉、卟啉等）、含硫化合物（如硫醇、硫醚、噻吩等）以及少量含有金属元素的其他有机化合物。石油中的非烃类一般在 25% 以下，一些轻质石油几乎完全不含非烃类，但特殊原油中的非烃类含量可达 60% 以上。

三、原油的馏分组成

原油是多组分的复杂的混合物，在对原油进行研究和加工利用之前，常采用分馏的方法将其按沸点的高低“切割”成若干部分，即所谓馏分。每个馏分还是一个混合物，只不过所包含的组分数目比原油减少了。每个馏分的沸点范围简称为馏程或沸程。从原油直接分馏得到的馏分称为直馏馏分，它们基本上保留着原油化学组成的本来面目，例如基本上不含不饱和烃。原油直馏馏分经过二次加工（如催化裂化等）后，二次加工产物的化学组成发生很大的变化。

常压蒸馏从初馏点 $\sim 200^{\circ}\text{C}$ （或 180°C ）为汽油馏分（gasoline fraction）或低沸点馏分，也称轻油或石脑油（Naphtha）。

常压蒸馏 200°C （或 180°C ） $\sim 350^{\circ}\text{C}$ 为柴油馏分（diesel oil fraction）或中间馏分，也称常压瓦斯油（Atmospheric Gas Oil，简称 AGO）。

大于 350°C 的则称为常压渣油或常压重油（Atmospheric Residue，简称 AR）。

由于一般原油从 350°C 开始即有明显的分解现象，所以对于沸点高于 350°C 的馏分必须在减压下馏出。一般情况下，减压蒸馏只能蒸出相当于常压下小于 500°C 的馏分。

减压蒸馏蒸出相当于常压为 $350 \sim 500^{\circ}\text{C}$ 的馏分为减压馏分或高沸点馏分，也称润滑油馏分或减压瓦斯油（vacuum Gas Oil，简称 VGO）。

减压蒸馏残余的油相当于大于 500°C 的部分为减压渣油（Vacuum Residue，简称 VR）。

表 1-1-7 列出了常用的几个原油馏分。

表 1-1-7 原油的馏分划分

沸点范围/ $^{\circ}\text{C}$	馏分名称
初馏点 ~ 200 （或 180）	汽油馏分、低沸点馏分、轻油或石脑油
200（或 180） ~ 350	柴油馏分、中间馏分、常压瓦斯油（AGO）
350 ~ 500	减压馏分、高沸点馏分、润滑油馏分、减压瓦斯油（VGO）
> 350	常压渣油（AR）
> 500	减压渣油（VR）

馏分常冠以汽油、柴油和润滑油等油品的名称。需要指出的是，馏分并不等于石油产品，只是从沸程上看有可能作为生产汽油、柴油和润滑油的原料，石油产品必须符合油品的质量标准，馏分必须经过进一步加工才能成为合格的石油产品。石油馏分只是中间产品或半成品，例如，减压馏分即可加工成润滑油产品，也可作为催化裂化的原料油。

将原油经常减压蒸馏得到的一系列沸点范围不同的馏分的百分含量就是该原油的馏分组成。

表 1-1-8 原油的馏分组成

原油名称	馏分组成/%			
	IBP ~ 200℃	200 ~ 350℃	350 ~ 500℃	> 500℃
大庆	11.5	19.7	26.0	42.8
胜利	7.5	17.6	27.5	47.4
孤岛	6.1	14.9	27.2	51.8
辽河	12.3	24.3	29.9	33.5
华北	7.3	21.1	32.4	39.2
中原	19.4	25.1	23.2	32.3
新疆	15.4	26.0	28.9	29.7
单家寺	1.7	11.5	21.2	65.6
欢喜岭	3.7	20.6	35.4	40.3
新疆九区	1.7	18.3	28.7	51.3
井楼	0.3	9.1	33.2	57.4
印尼, 米纳斯	11.9	30.2	24.8	33.1
伊朗, 轻质	24.9	25.7	24.6	24.8
加拿大, 阿萨巴斯卡	0	16.0	28.0	56.0

表 1-1-8 是国内外几种原油的馏分组成。表中数据表明，不同原油其馏分组成是不同的。从我国主要原油的馏分组成来看，大于 500℃ 的减压渣油含量较高，多数原油的减压渣油含量高于 40%。减压渣油含量高也是我国原油的主要特点之一。

四、原油的分类

世界上各种石油的性质千差万别，究其根源在于其化学组成和馏分组成存在差异，即组成原油的分子大小和类型的分布不同。

如何对原油进行分类是一个复杂的问题，虽然分类方法很多，但还没有一种公认的标准分类方法。

1. 关键馏分特性分类法

这是美国矿务局 (U. S. Bureau of Mines) 于 1935 年提出的一种原油化学分类法，是目前世界上使用最多的一种原油分类方法。这种分类方法也能反映我国原油化学组成的特性，它是以原油中具有特定馏程的轻、重两个馏分的相对密度为依据进行分类的。其中第一关键馏

分(轻关键馏分),是常压下原油在250~275℃的馏分;而第二关键馏分(重关键馏分),是5.33kPa(40mmHg)残压下蒸馏出的275~300℃馏分。因为我国大部分原油偏重,为避免裂化,所以改为在较低残压即1.33kPa(10mmHg)下蒸馏出的240~265℃馏分。两种条件下蒸馏的馏分沸程,换算到常压是相同的,均相当于常压下395~425℃的馏分。

测定上述两个关键馏分的相对密度,并对照关键馏分的分类表1-1-9即可决定两个组分的类别属性。由于轻、重两个关键馏分的基属不同,组合起来能得到9种可能的类别,但实际上并不存在石蜡-环烷基和环烷-石蜡基原油,故只有7种不同基属的原油,见表1-1-10。

表 1-1-9 美国矿务局原油分类指标

关键馏分	指标	石蜡基	中间基	环烷基
轻关键馏分	API 度	≥40	33.1 ~ 39.9	≤33
	$d_{15.6}^{15.6}$	≤0.8251	0.8256 ~ 0.8597	≥0.8602
	d_4^{20}	≤0.8212	0.8217 ~ 0.8559	≥0.8564
重关键馏分	API 度	≥30	20.1 ~ 29.9	≤20
	$d_{15.6}^{15.6}$	≤0.8762	0.8767 ~ 0.9334	≥0.9340
	d_4^{20}	≤0.8715	0.8730 ~ 0.9299	≥0.9306

表 1-1-10 按美国矿务局划分的原油类别

原油类别	轻关键馏分	重关键馏分
石蜡基	石蜡基	石蜡基
石蜡-中间基	石蜡基	中间基
中间-石蜡基	中间基	石蜡基
中间基	中间基	中间基
中间-环烷基	中间基	环烷基
环烷-中间基	环烷基	中间基
环烷基	环烷基	环烷基

这种分类方法大体能够反映原油的化学组成的类型,但它并不一定能够反映减压渣油的组成特征,因此对于较重的原油此分类法还有一定的局限性。

2. 按原油的个别性质分类

这种按照原油的某一种性质分类的方法,只是在商业上采用,一般作为辅助的手段,现介绍其中的几种。

(1) 按相对密度分类

相对密度是反映原油品质的一个重要指标,欧美在商业上习惯用 API 度来表示原油的轻重,它与相对密度的关系是:

$$\text{API 度} = \frac{141.5}{d_{15.6}^{15.6}} - 131.5$$

由上式可见,相对密度越小其相应的 API 度越大,而越重的原油其 API 度越小。

按照相对密度分类,迄今也没有公认的标准。国际上常根据相对密度把原油分成如下四种类别,具体见表 1-1-11。